システム質量特性解析（簡易版）取扱説明書

ファイル名：Sys MassPro.xls

上記ファイルでは以下の計算が行えます。

（1）システム全体の質量、重心位置、慣性テンソル（慣性モーメントおよび慣性乗積）。

（2）各コンポーネントの簡易形状慣性モーメント計算。

（3）各コンポーネントの重心位置、慣性テンソルの座標変換。

●ファイル使用解説

1．シートの種類

シートは下図のとおり 2 枚で構成されています。

（1）表紙

（2）Component Data

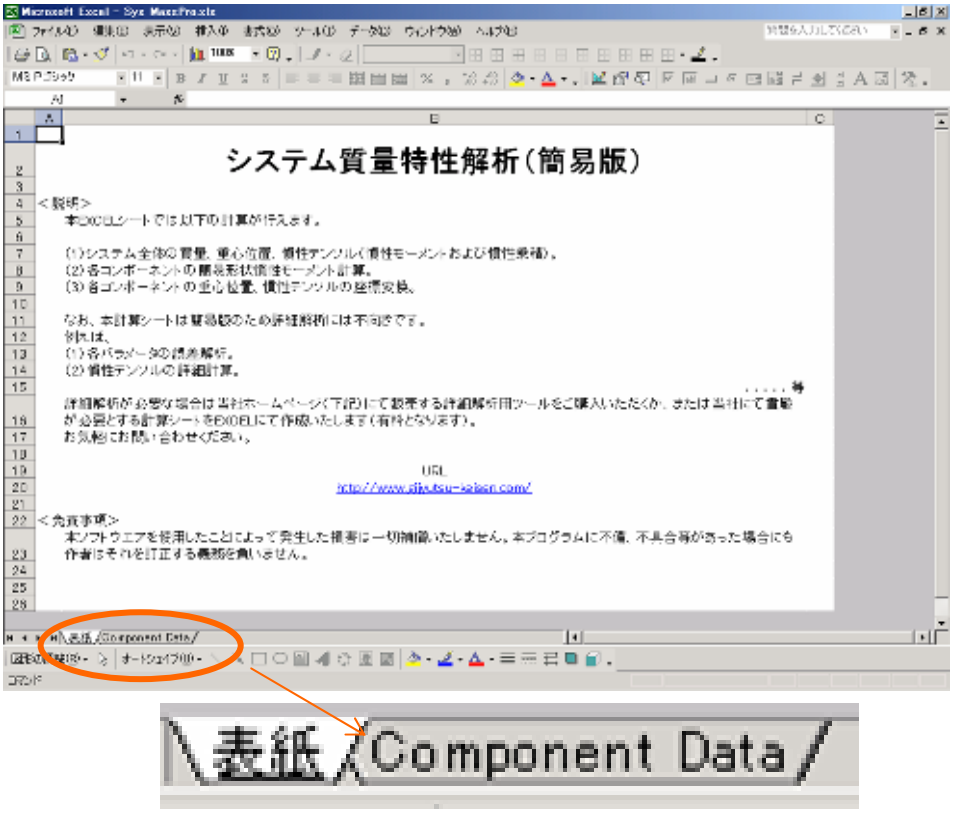


図 1　表紙

2. 質量特性計算

本シートでは、システム全体の質量特性計算を行います。

- 全体質量
- システムの重心位置（システム座標系基準（直交座標））
- 慣性モーメント（システム重心周り、システム座標軸）
- 慣性乗積（システム重心周り、システム座標軸）

本シートの全体図を下記に示します。

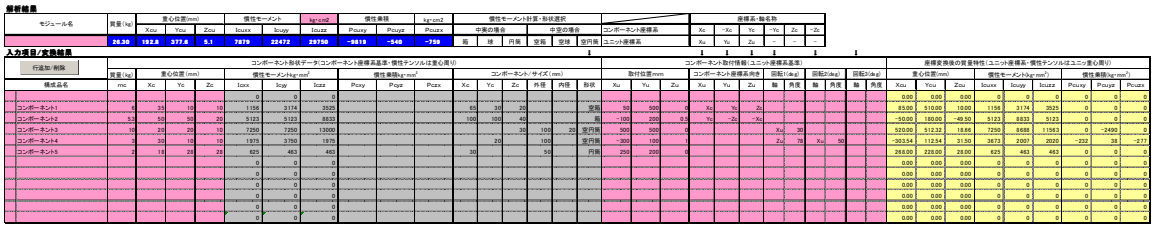


図 2-1　Component Data シート（全体図）
（拡大図を次ページに示します）

桃色セル：必ず数値の入力、またはリストから選択を行ってください。

灰色セル：入力の必要はありません。精度良く計算させたい場合入力してください。

上記以外：備考以外は入力しないようにしてください。計算式が入力されています。

解析結果

モジュール名	質量(kg)	重心位置(mm)			慣性モーメント		kg・cm2	慣性乗積		kg・cm2	慣性モーメント計算・形状選択					
		Xcu	Ycu	Zcu	Icuxx	Icuyy	Icuzz	Pcuxy	Pcuyz	Pcuzx	中実の場合			中空の場合		
	26.30	192.8	377.6	5.1	7879	22472	29750	-9819	-540	-759	箱	球	円筒	空箱	空球	空円筒

入力項目/変換結果

行追加/削除

構成品名	コンポーネント形状データ(コンポーネント座標系基準・慣性テンソルは重心周り)															
	質量(kg)	重心位置(mm)			慣性モーメントkg・mm^2			慣性乗積kg・mm^2			コンポーネント/サイズ(mm)					
	mc	Xc	Yc	Zc	Icxx	Icyy	Iczz	Pcxy	Pcyz	Pczx	Xc	Yc	Zc	外径	内径	形状
					0	0	0									
コンポーネント1	6	35	10	10	1156	3174	3525				65	30	20			空箱
コンポーネント2	5.3	50	50	20	5123	5123	8833				100	100	40			箱
コンポーネント3	10	20	20	10	7250	7250	13000						30	100	20	空円筒
コンポーネント4	3	30	10	10	1975	3750	1975					20		100		空円筒
コンポーネント5	2	18	28	28	625	463	463				30			50		円筒
					0	0	0									
					0	0	0									

	座標系・軸名称					
コンポーネント座標系	Xc	-Xc	Yc	-Yc	Zc	-Zc
ユニット座標系	Xu	Yu	Zu	-	-	-

	コンポーネント取付情報(ユニット座標系基準)												座標変換後の質量特性(ユニット座標系・慣性テンソルはユニッ重心周り)								
	取付位置mm			コンポーネント座標系向き			回転1(deg)		回転2(deg)		回転3(deg)		重心位置(mm)			慣性モーメント(kg・mm^2)			慣性乗積(kg・mm^2)		
	Xu	Yu	Zu	Xu	Yu	Zu	軸	角度	軸	角度	軸	角度	Xcu	Ycu	Zcu	Icuxx	Icuyy	Icuzz	Pcuxy	Pcuyz	Pcuzx
													0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
箱	50	500	0	Xc	Yc	Zc							85.00	510.00	10.00	1156	3174	3525	0	0	0
箱	-100	200	0.5	Yc	-Zc	-Xc							-50.00	180.00	-49.50	5123	8833	5123	0	0	0
筒	500	500	0				Xu	30					520.00	512.32	18.66	7250	8688	11563	0	-2490	0
筒	-300	100	1				Zu	78	Xu	50			-303.54	112.54	31.50	3673	2007	2020	-232	38	-277
筒	250	200	0										268.00	228.00	28.00	625	463	463	0	0	0
													0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
													0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0

図 2-2　Component Data シート拡大図

2．1．座標系の考え方

システム質量特性を考える上で最も重要になるのは座標系の考え方です。

本項では、その座標系の考え方について説明します。

2．1．1．参考例の検討

例として図 2.1.1-1 のようなシステムを考えます。

図 2.1.1-1 は、大きな箱の側面内側に、そのシステムを構成する部品（コンポーネント）を 3 つ取り付けたものです。

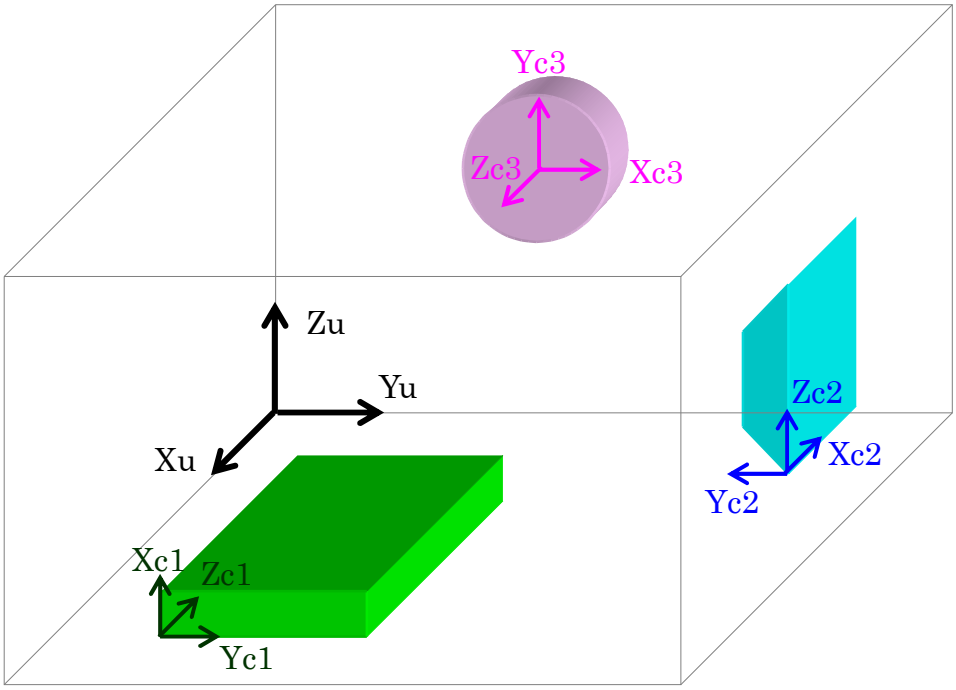


図 2.1.1-1　参考例システム座標

＜前提条件＞

（1）大きな箱に固定されている座標系 XuYuZu をシステム座標系とします。

（2）各コンポーネントの座標系を XciYciZci（i=1,2,3）とします。

（3）各コンポーネントの質量特性は、各コンポーネント座標系を基準とした数値とします（ただし、慣性テンソルは重心周り）。

＜座標変換＞

例えば、コンポーネント 1（緑色の直方体）がシステム座標系を基準にしたときにどのような質量特性を持つか、を検討します。

まずは重心位置を検討します。
コンポーネント 1 のそれ自身の座標系に対する重心位置と、システム座標系からのコンポーネント 1 座標原点の位置を以下のようにします。

・重心位置（コンポーネント 1 座標系）　　: (Accg1,Bccg1,Cccg1)
・コンポーネント 1 座標原点の位置　　: (Xu1,Yu1,Zu1)

このとき、システム座標系からみたコンポーネント 1 の重心位置は以下のように表現できます。

$$\begin{pmatrix} X_{ucg1} \\ Y_{ucg1} \\ Z_{ucg1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{u1} \\ Y_{u1} \\ Z_{u1} \end{pmatrix} + R(\theta,\psi,\phi) \begin{pmatrix} A_{ccg1} \\ B_{ccg1} \\ C_{ccg1} \end{pmatrix}$$

R（θ,ϕ,ϕ）: システム座標系を基準にした回転行列
θ : Xu 軸周りの回転角、ϕ : Yu 軸周りの回転角、ϕ : Zu 軸周りの回転角

ここで、図 2.1.1-1 からシステム座標系とコンポーネント 1 座標系の向きは以下の関係であることがわかります。

$$\begin{pmatrix} X_u \\ Y_u \\ Z_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -Z_{c1} \\ Y_{c1} \\ X_{c1} \end{pmatrix}$$

この関係を成立させる回転行列 R（θ,ϕ,ϕ）は、θ=0、ϕ=-90、ϕ=0 になります。つまりコンポーネント 1 座標系をシステム座標系の Yu 軸周りに-90° 回転させればよい、ということになります。
よって、システム座標系からみたコンポーネント 1 の重心位置は以下のとおりになります。

$$\begin{pmatrix} X_{ucg1} \\ Y_{ucg1} \\ Z_{ucg1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{u1} - C_{ccg1} \\ Y_{u1} + B_{ccg1} \\ Z_{u1} + A_{ccg1} \end{pmatrix}$$

また回転行列 R（θ,ϕ,ϕ）が決まりましたので、これを慣性モーメントおよび慣性乗積（慣性テンソル）にも適用します（ただし、慣性テンソルは二次形式のため単純に回転行列を掛けただけでは座標変換はできません）。

前述の座標変換の考え方を、コンポーネント 2 および 3 にも適用すると、座標系の関係式は以下のとおりになります。

・コンポーネント 2

$$\begin{pmatrix} X_u \\ Y_u \\ Z_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -X_{c2} \\ -Y_{c2} \\ Z_{c2} \end{pmatrix}$$

・コンポーネント 3

$$\begin{pmatrix} X_u \\ Y_u \\ Z_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{c3} \\ X_{c3} \\ Y_{c3} \end{pmatrix}$$

2．1．2．本ソフトウエア中の座標系の取り扱い

2.1.1.項で示したシステム座標系と各コンポーネント座標系の関係式を代入することで、コンポーネントの各質量特性項目の座標変換計算が行われるようになっています。

ンポーネント取付情報（システム座標系基準）								
	コンポーネント座標系向き			回転1(deg)		回転2(deg)		回転3(deg)	
	Xu	Yu	Zu	軸	角度	軸	角度	軸	角度
	Xc	Yc	Zc						
	Yc	−Zc	−Xc						
				Xu	30				
				Zu	78	Xu	50		

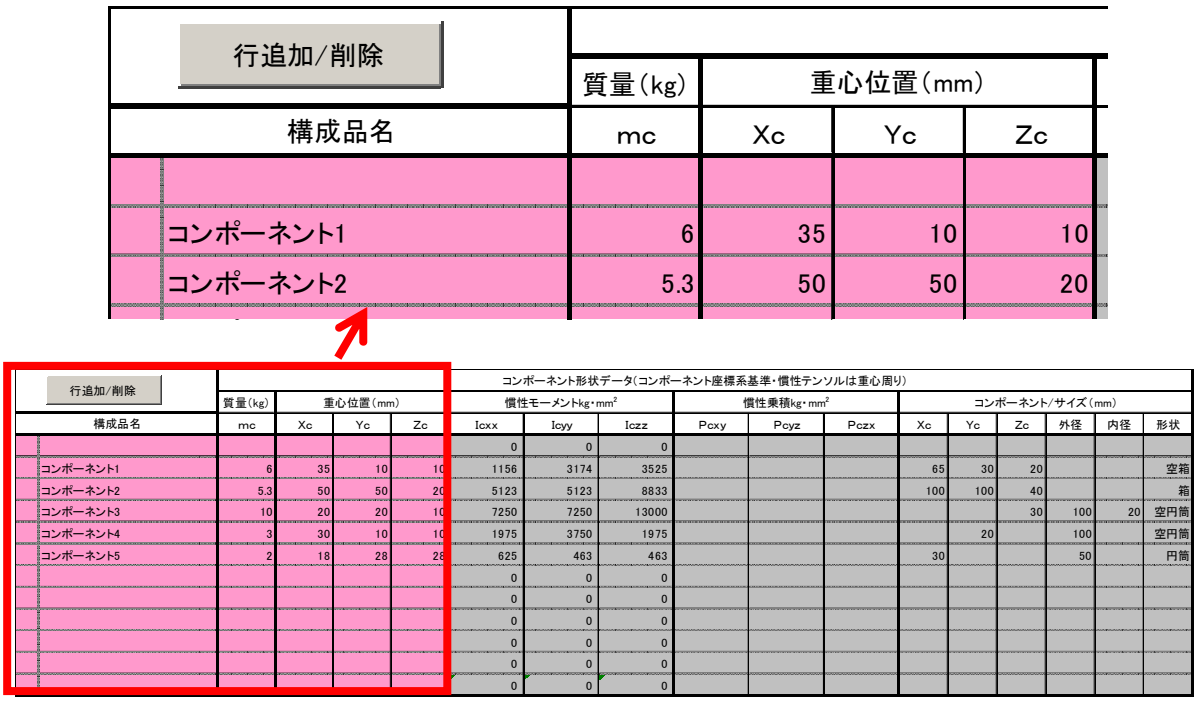
図 2.1.2-1　コンポーネント座標変換入力項目（回転）

また、座標系の軸方向が一致しない（回転角が 90° の倍数でない）場合は、システム座標系の軸を基準とする回転軸を設定し、その軸周りの回転角を入力することで、コンポーネントの各質量特性項目の座標変換を実施します。

2．2．入力項目の説明

（1）構成品名・質量・重心位置

①重心位置は、各構成品が持つ座標系（方向および原点）に対する重心位置を入力してください。



行追加/削除

構成品名	質量(kg) mc	重心位置(mm) Xc	Yc	Zc
コンポーネント1	6	35	10	10
コンポーネント2	5.3	50	50	20

行追加/削除

コンポーネント形状データ(コンポーネント座標系基準・慣性テンソルは重心周り)

構成品名	質量(kg) mc	重心位置(mm) Xc	Yc	Zc	慣性モーメントkg・mm² Icxx	Icyy	Iczz	慣性乗積kg・mm² Pcxy	Pcyz	Pczx	コンポーネント/サイズ(mm) Xc	Yc	Zc	外径	内径	形状
					0	0	0									
コンポーネント1	6	35	10	10	1156	3174	3525				65	30	20			空箱
コンポーネント2	5.3	50	50	20	5123	5123	8833				100	100	40			箱
コンポーネント3	10	20	20	10	7250	7250	13000						30	100	20	空円筒
コンポーネント4	3	30	10	10	1975	3750	1975					20		100		空円筒
コンポーネント5	2	18	28	28	625	463	463				30			50		円筒
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									

図 2.2-1　構成品名・質量・重心位置入力

（2）慣性モーメント・慣性乗積・コンポーネントサイズ（図は次ページ）

①慣性モーメントが既知である場合、慣性モーメントの項に入力されている計算式を気にせず、上書き入力してください。

ただし慣性モーメントの値は、各コンポーネントの重心位置周りかつ座標軸と方向が一致する数値を入力してください。

②慣性モーメントの値が既知で無い場合は、コンポーネントサイズの項に該当する形状と各寸法を入力すると、コンポーネント重心位置を基準にした慣性モーメントを計算することができます。軸はコンポーネント座標系の向きと同じです。

ただし、形状は代表的な形状のみですので、計算値は近似値として考えてください。

③コンポーネントサイズの項は、慣性モーメントが既知で無い場合のみの入力で結構です。慣性モーメントの計算は 6 種類の形状のみとなります。該当する形状が無い場合は、それに近い形状を選択して計算してください。その場合の慣性モーメントは近似的な扱いとなります。

慣性モーメント計算・形状選択					
中実の場合			中空の場合		
箱	球	円筒	空箱	空球	空円筒

コンポーネント形状データ(コンポーネント座標系基準・慣性テンソルは重心周り)

慣性モーメントkg・mm²			慣性乗積kg・mm²		
Icxx	Icyy	Iczz	Pcxy	Pcyz	Pczx
0	0	0			
1156	3174	3525			
5123	5123	8833			
7250	7250	13000			
1975	3750	1975			
625	463	463			

J)

コンポーネント/サイズ(mm)					
Xc	Yc	Zc	外径	内径	形状
65	30	20			空箱
100	100	40			箱
		30	100	20	空円筒
	20		100		空円筒
30			50		円筒

行追加/削除					コンポーネント形状データ(コンポーネント座標系基準・慣性テンソルは重心周り						コンポーネント/サイズ(mm)					
	質量(kg)	重心位置(mm)			慣性モーメントkg・mm²			慣性乗積kg・mm²								
構成品名	mc	Xc	Yc	Zc	Icxx	Icyy	Iczz	Pcxy	Pcyz	Pczx	Xc	Yc	Zc	外径	内径	形状
					0	0	0									
コンポーネント1	6	35	10	10	1156	3174	3525				65	30	20			空箱
コンポーネント2	5.3	50	50	20	5123	5123	8833				100	100	40			箱
コンポーネント3	10	20	20	10	7250	7250	13000						30	100	20	空円筒
コンポーネント4	3	30	10	10	1975	3750	1975					20		100		空円筒
コンポーネント5	2	18	28	28	625	463	463				30			50		円筒
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									
					0	0	0									

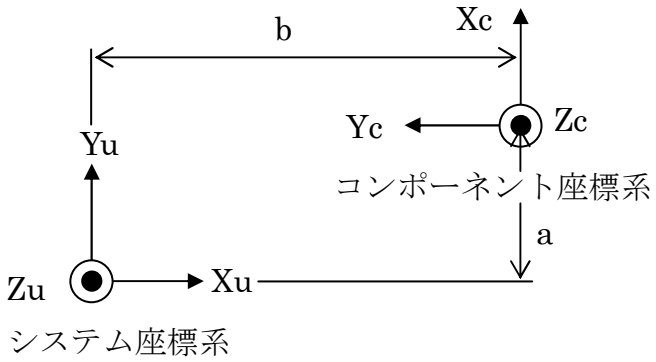
図 2.2-2　慣性モーメント・慣性乗積・コンポーネントサイズ入力

(3) コンポーネント取付情報

①取付位置には、システム座標系原点からのコンポーネント座標原点の位置を入力してください。

②コンポーネント座標系向きには、システム座標系軸方向と一致するコンポーネント座標系の軸方向を入力してください。

＜例＞



入力値

●取付位置

Xu = a

Yu = b

●コンポーネント座標系向き

Xu = -Yc

Yu = Xc

Zu = Zc

③回転 1～3 によって、システム座標系に対するコンポーネント座標系の傾きを指定します。

システム座標系の回転基準軸とその軸周りの回転角度を入力してください（任意の回転角を指定できます)。

	座標系・軸名称					
コンポーネント座標系	Xc	−Xc	Yc	−Yc	Zc	−Zc
システム座標系	Xu	Yu	Zu	−	−	−

コンポーネント取付情報（システム座標系基準）											
取付位置mm			コンポーネント座標系向き			回転1(deg)		回転2(deg)		回転3(deg)	
Xu	Yu	Zu	Xu	Yu	Zu	軸	角度	軸	角度	軸	角度
50	500	0	Xc	Yc	Zc						
−100	200	0.5	Yc	−Zc	−Xc						
500	500	0				Xu	30				
−300	100	1				Zu	78	Xu	50		
250	200	0									

図 2.2-3　コンポーネント取付情報

2. 2. 計算結果の説明

(1) 解析結果

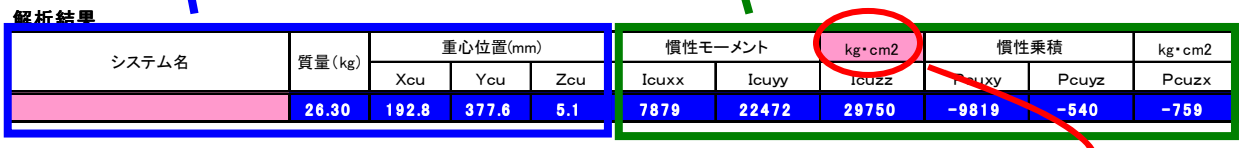
システム全体の質量特性が算出されます。

- 全体質量
- システムの重心位置（システム座標系基準（直交座標））
- 慣性モーメント（システム重心周り、システム座標軸）
- 慣性乗積（システム重心周り、システム座標軸）

解析結果

システム名	質量(kg)	重心位置(mm)		
		Xcu	Ycu	Zcu
	26.30	192.8	377.6	5.1

慣性モーメント		kg･cm2	慣性乗積		kg･cm2
Icuxx	Icuyy	Icuzz	Pcuxy	Pcuyz	Pcuzx
7879	22472	29750	-9819	-540	-759



慣性モーメントおよび慣性乗積の単位は下記 3 種類から選択できます。

図 2.2-1　解析結果

（2）座標変換後の質量特性

①コンポーネント座標系に対して入力された各質量特性を、システム座標系に変換した値に変換します。

座標変換後の質量特性（システム座標系・慣性テンソルはシステム重心周り）								
重心位置(mm)			慣性モーメント(kg・mm^2)			慣性乗積(kg・mm^2)		
Xcu	Ycu	Zcu	Icuxx	Icuyy	Icuzz	Pcuxy	Pcuyz	Pcuzx
0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
85.00	510.00	10.00	1156	3174	3525	0	0	0
−50.00	180.00	−49.50	5123	8833	5123	0	0	0
520.00	512.32	18.66	7250	8688	11563	0	−2490	0
−303.54	112.54	31.50	3673	2007	2020	−232	38	−277
268.00	228.00	28.00	625	463	463	0	0	0

図 2.2-2　座標変換後の質量特性

3. さいごに

質量特性解析において、公差設定解析を実施したい場合は当社までご相談ください。

また、EXCEL を用いた計算シート、解析シート作成のご要望、ご依頼などございましたら、技術計算製作所ホームページまでお越しください。

http://gijyutsu-keisan.com/